

мать микроконтроллера МПК, где она хранится, как постоянная константа для данного вискозиметра.

$U_{\text{срПрм}}$  – амплитуда напряжения возникающая на приемном зонде ЗПрм при прохождении акустического сигнала через среду, т.е. через нефтепродукт.

Коэффициент поглощения акустического сигнала

$\alpha = \kappa \alpha'$ , где  $\kappa$  – коэффициент соответствия поглощения акустического сигнала приведенному, рассчитанному по формуле (8) и определяется с помощью калибровки по эталонным жидкостям.

Из (2) определим динамическую вязкость  $\eta$

$$\eta = \frac{3\lambda^2 \rho \alpha}{8\pi^2}; \quad (10)$$

и поделив значение  $\eta$  на величину плотности нефтепродукта  $\rho$ , получим кинематическую вязкость

$$\eta_k = \frac{3\lambda^2 \alpha}{8\pi^2}. \quad (11)$$

Единица измерения кинематической вязкости в сантиСтоксах [сСт]. Так как коэффициент поглощения зависит от температуры, то необходимо при его определении вводить поправочный коэффициент, который для нефтепродуктов определяется опытным путем.

Результаты проведенных в статье исследований позволяют создать электронно-акустический вискозиметр, предназначенный для измерения вязкости нефтепродуктов, акустическим импульсным методом.

#### Список использованных источников

14. Сковрцов Б.В. Конюхов Н.Е. Астапов В.Н. Приборы и системы контроля качества углеводородных топлив. М., Энергоатомиздат, 2000. 366 с.
15. Кудрявцев Б.Б. Применение ультразвуковых методов в практике физико-химических исследований. Гос. издательство технико-теоретической литературы. М., Л., 1952. 323с.
16. Чертков Я.Б. Современные и перспективные углеводородные реактивные и дизельные топлива. М., Химия, 1968. 356с.
17. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения. Л., Энергоатомиздат, 1983. С.292-295.

## ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ТОВАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

**Конюхов Н.Е., Плешивцев В.В.**

Товарные нефтепродукты, произведенные на НПЗ, в процессе хранения и транспортировки непрерывно ухудшают качественные характеристики, отраженные в паспорте качества. Изменение качества нефтепро-

дукта зависит от его химического состава, условий хранения и транспортирования.

Под воздействием внешних факторов в топливах и маслах протекают физические и химические процессы. Основными физическими процессами являются: испарение, конденсация, загрязнение механическими примесями, обводнение, выпадение высокоплавких компонентов при охлаждении, а также смешение в резервуарах и трубопроводах (при последовательной перекачке) нефтепродуктов различного типа. Основные химические процессы следующие: окисление, разложение, полимеризация, коррозия. Большая часть этих процессов приводит к необратимому ухудшению потребительских и эксплуатационных свойств нефтепродуктов, в связи с чем контроль качества является важнейшей функцией объектов нефтепродуктообеспечения.

Основные технические характеристики и параметры нефтепродуктов, подлежащие контролю, следующие:

- для автобензинов: октановое число, фракционный состав, плотность, содержание механических примесей, свинца, воды, смол, водорастворимых кислот и щелочей;
- для дизельных топлив: цетановое число, фракционный состав, плотность, кинематическая вязкость, температура застывания, температура вспышки в закрытом тигле, коэффициент фильтруемости, содержание серы, механических примесей и воды;
- для моторных масел: кинематическая вязкость, плотность, температура застывания, температура вспышки в открытом тигле, содержание механических примесей и воды.

Большинство методов определения вышеперечисленных параметров гостированы. Контроль качества нефтепродуктов на предприятиях нефтепродуктообеспечения проводится в лабораториях, аттестованных в установленном порядке [1, 2] на специальных приборах. К ним относятся: ареометры, различного типа плотномеры, установка для определения октанового числа, полуавтоматический прибор для определения фракционного состава, автоматический измеритель содержания серы, вискозиметры, аппараты для определения температуры вспышки в открытом и закрытом тиглях и др. Кроме приборов и аппаратов, применяется также различное лабораторное оборудование.

Ответственной операцией при контроле качества является отбор проб, т.к. нефтепродукты при хранении в резервуарах не однородны по объему резервуара, а при транспортировке по трубопроводу - по сечению трубы. Поэтому, чтобы свести ошибки при измерении к минимуму, операции отбора проб должны проводиться с особой тщательностью.

Для учета контрольных операций по определению качества в лабораториях ведется следующая документация:

- журналы регистрации отбора проб и анализа светлых нефтепродуктов (топлива, растворители);
- журналы анализа масел, смазок и темных нефтепродуктов, выдачи паспортов качества, график поверки приборов;
- рабочие тетради лаборантов.

В настоящее время контроль качества нефтепродуктов на предприятиях нефтепродуктообеспечения регламентируется в основном «Правилами проведения сертификации нефтепродуктов», а также распоряжениями региональных администраций [3]. Однако нечеткие правила контроля качества нефтепродуктов на всех стадиях перевалки, начиная от НПЗ до конечного потребителя, не позволяют радикально улучшить ситуацию с качеством нефтепродуктов. Около 60% некачественного топлива приходится на самостоятельную переработку, 30% на пересортицу (вместо Аи-95, Аи-92), 10% - на совести НПЗ использующих устаревшие оборудования неспособные производить качественные нефтепродукты.

В 2000 году доля выработки этилированных бензинов составила всего 8%. В 2001 году на НПЗ России наблюдалось дальнейшее сокращение выпуска этилированных бензинов и к середине года было практически полностью прекращено.

Две трети объема выработанных автомобильных бензинов составили низкооктановые А-76 и АИ-80, применяемые на грузовых автомобилях и старых моделях легковых автомобилей. Такие бензины в развитых западных странах не применяются с 60-х годов.

Основное количество ДТ выпускается с содержанием серы до 0,2% (66%). Выпуск зимних дизельных топлив составил всего 12% от их общей выработки, что в три раза ниже научно-обоснованной пропорции с учетом климатических условий России (30-40%).

Из выработанных зимних дизельных топлив 80% составляют ДЗп и ДЗп - 15/ - 25 (топлива с депрессорными присадками).

Топливо ДЗп - 15/ - 25, получаемое на базе облегченного летнего топлива путем введения депрессорных присадок, обеспечивает зимнюю эксплуатацию автомобилей при температуре не ниже - 25°C только в западных и центральных областях РФ.

Отечественные бензины уступают требованиям Европейского Союза по содержанию серы, бензола и металлосодержащих антидетонаторов, не рекомендуемых Всемирной хартией производителей топлив.

По групповому углеводородному составу отечественные бензины практически укладываются в современные требования ЕС и даже их превосходят. При этом отечественные бензины отличаются незначительным содержанием нестабильных олефиновых углеводородов - примерно в два с половиной раза ниже нормы, действующей в Западной Европе. Малое содержание олефиновых углеводородов в отечественных бензинах обеспечивает их высокую стабильность при длительном хранении.



Отечественные бензины типа АИ-92 и АИ-95, как правило, содержат метил-трет-бутиловый эфир, чем достигается достаточно равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям и снижение содержания СО и СН в отработавших газах двигателей.

Это различие отечественных и зарубежных бензинов углеводородному составу и химической стабильности связано с их существенной разницей по набору компонентов, используемых при выработке бензинов.

Основным базовым компонентом бензинов России является высокоароматизированный бензин каталитического риформинга, а в США бензин каталитического крекинга.

Западноевропейские автомобильные бензины по составу базовых компонентов занимают промежуточное положение: содержат меньше (на 7%) чем в российских бензинах бензина каталитического риформинга и больше (тоже на 7%) бензина каталитического крекинга.

Особенно заметно отличаются отечественные бензины невысоким содержанием изопарафиновых высококачественных компонентов: алкилата и изомеризата, которое ниже чем в бензинах США в 7 раз, а в Западноевропейских в 4 раза, что связано с недостаточной глубиной переработки нефти в России (70% - 2000 г.), т.е. относительно малыми мощностями технологических процессов каталитического крекинга, алкилирования, изомеризации и др.

Недостаток высококачественных изопарафиновых компонентов бензинов в России компенсируется использованием в качестве основного базового компонента высокооктанового бензина каталитического риформинга, а также достаточно широким применением в качестве высокооктановой добавки МТБЭ - метил-трет-бутилового эфира.

Для сокращения выработки этилированных бензинов в России применяются также антидетонаторы на базе ароматических аминов, которые при введении в количестве 1% мас. повышают октановое число на 4 - 5 единиц.

Определенное количество неэтилированных бензинов (преимущественно мелкими производителями) вырабатывается с марганцевыми и железосодержащими зольными антидетонаторами с жесткими ограничениями допустимого содержания в бензине марганца и железа. На западе эти антидетонаторы не популярны, поскольку их применение может нарушать нормальную работу систем нейтрализации отработавших газов, достаточно широко применяемых на зарубежных автомобилях. Эти присадки не рекомендуются и Всемирной хартией производителей топлив.

Отечественные дизельные топлива получают практически на 100% из керосиногазойлевых прямогонных нефтяных и газоконденсатных фракций с использованием на многих заводах процесса гидроочистки. К отечественным дизельным топливам практически не добавляется компоненты каталитического крекинга, содержащие значительное количество

ароматических и непредельных углеводородов. Поэтому дизельные топлива России отличаются высокой химической стабильностью при хранении, не требуют введения стабилизирующих присадок и в основном соответствуют требованиям ЕС к и воспламеняемости.

По содержанию ароматических углеводородов даже без использования дорогостоящих гидрогенизационных процессов они отвечают требованиям Всемирной хартии производителей топлив.

Единственный показатель качества дизельных топлив, по которому в ближайшей перспективе могут возникнуть проблемы, является массовая доля серы. Основное количество дизельных топлив летних и зимних по содержанию серы не соответствует европейским требованиям середины 90-х г.г. - не более 0,05%. Выработка дизельных топлив с таким содержанием серы в настоящее время - менее 10% от их общего производства.

В связи с вышесказанным актуальной является проблема контроля такого параметра товарных нефтепродуктов, как детонационная стойкость. Этот показатель характеризует способность автомобильных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный характер. При сжатии рабочей смеси температура и давление повышаются и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения смеси. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание перекисных соединений, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива. Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива, к так называемому детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя.

Показателем детонационной стойкости автомобильных бензинов является октановое число, показывающее содержание изооктана (в % объемных) в смеси с н-гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытываемому в стандартных условиях. В лабораторных условиях октановое число автомобильных бензинов и их компонентов определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65. Склонность исследуемого топлива к детонации оценивается сравнением его с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Октановое число на установках определяется двумя методами: моторным (по ГОСТ 511-82) и исследовательским (по ГОСТ 8226-82).



Методы отличаются условиями проведения испытаний. Испытания по моторному методу проводят при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем по исследовательскому. Поэтому октановое число, определенное моторным методом, обычно ниже октанового числа, определенного исследовательским методом. Октановое число, полученное моторным методом в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового форсированного режима, октановое число, полученное исследовательским методом, больше характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды. Разницу между октановыми числами бензина, определенными двумя методами, называют чувствительностью бензина. Наибольшей чувствительностью (9-12 ед.) отличаются бензины каталитического крекинга и каталитического риформинга, содержащие непредельные и ароматические углеводороды. Менее чувствительны (1-2 ед.) к режиму работы двигателя алкилбензин и прямогонные бензины, состоящие из парафиновых и изопарафиновых углеводородов. Для автомобильных бензинов, за исключением А-76, определяются и нормируются октановые числа, определенные двумя методами.

Требования к детонационной стойкости бензинов зависят от конструктивных особенностей двигателя, определяющим среди которых является степень сжатия. Так как увеличение степени сжатия позволяет повысить эксплуатационные показатели и экономичность работы двигателя, оно является определяющим в развитии автомобилестроения. Таким образом, прогресс в автомобилестроении приводит к постоянному повышению требований к детонационной стойкости применяемых бензинов.

Детонационная стойкость автомобильных бензинов определяется их углеводородным составом. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Самая низкая детонационная стойкость у парафиновых углеводородов нормального строения, причем она уменьшается с увеличением их молекулярной массы. Изопарафины и олефиновые углеводороды обладают более высокими антидетонационными свойствами по сравнению с нормальными парафинами. Увеличение степени разветвленности и снижение молекулярной массы повышает их детонационную стойкость. По детонационной стойкости нафтенy превосходят парафиновые углеводороды, но уступают ароматическим углеводородам. Наибольшую чувствительность — разность между октановыми числами по исследовательскому и моторному методам — имеют олефиновые углеводороды. Чувствительность ароматических углеводородов несколько ниже. Для парафиновых углеводородов эта разница очень мала, а высокомолекулярные низкооктановые парафиновые углеводороды имеют отрицательную чувствительность.

Антидетонационные свойства бензинов, получаемых различными технологическими процессами, определяются входящими в их состав углеводородами. Самую низкую детонационную стойкость имеют бензины прямой перегонки, состоящие, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения, причем она снижается с повышением температуры конца кипения. Октановые числа, определяемые по моторному методу, прямогонных фракций, выкипающих до 180°C, обычно составляют 40-50 ед. Детонационная стойкость фракций с температурой начала кипения 85°C несколько выше — 65-70 ед. Исключение составляют прямогонные бензины, получаемые из нефтей нафтенного основания (сахалинские, азербайджанские и др.), их октановые числа достигают 71-73 ед. Однако ресурсы этих нефтей весьма ограничены.

Для повышения октановых чисел прямогонных бензинов их подвергают каталитическому риформингу.

Октановые числа бензинов каталитического риформинга зависят от жесткости режима процесса. При жестком режиме они достигают ОЧИ = 95-99 (исследовательский метод) и ОЧМ = 86-90 (моторный метод), при мягком режиме соответственно 83-85 и 74-79.

Бензины термических процессов (крекинга, коксования) содержат до 60 % олефиновых углеводородов и по детонационной стойкости превосходят прямогонные бензины: ОЧИ = 68-75, ОЧМ = 62-69. Бензины каталитического крекинга помимо олефиновых углеводородов содержат ароматические и изопарафиновые углеводороды. Их детонационная стойкость выше, чем бензинов, получаемых термическими процессами.

Для повышения октановых чисел товарных бензинов используют также специальные антидетонационные присадки и высокооктановые компоненты.

С точки зрения эксплуатационных свойств получаемых бензинов технологический путь является более предпочтительным. Для строительства новых технологических установок с целью получения высокооктановых бензинов и компонентов требуются значительные капитальные затраты. Учитывая постоянно возрастающие требования к уровню детонационной стойкости товарных бензинов, размеры необходимых вложений также увеличиваются.

Самым дешевым и до недавнего времени наиболее распространенным способом повышения детонационной стойкости товарных бензинов было добавление к ним алкилсвинцовых антидетонаторов, в частности тетраэтил- или тетраметилсвинца в виде этиловой жидкости. Бензины, в которые добавлена этиловая жидкость, называют этилированными. При высоких температурах в камере сгорания тетраалкилсвинец разлагается с образованием алкильных радикалов и свинца, который далее окисляется с образованием диоксида свинца. Последний вступает в реакцию с гидро-



перекисями, разрушая их с образованием малоактивных продуктов окисления и оксида свинца:



Оксид свинца подвергается окислению с образованием активного диоксида свинца, который вновь вступает в реакцию с гидроперекисями, прерывая радикальный процесс окисления и тем самым предотвращая детонацию.

Тетраэтилсвинец (ТЭС) более распространен, чем тетраметилсвинец. Последний более эффективен при применении в высокоароматизированных, высокооктановых бензинах. В России производится только тетраэтилсвинец.

Алкилсвинцовые антидетонаторы в разной степени повышают октановые числа различных углеводородов. Способность бензинов к повышению детонационной стойкости при добавлении антидетонаторов называют приемистостью. Наибольшую приемистость к тетраэтилсвинцу имеют парафиновые углеводороды и содержащие их прямогонные бензины и алкилбензин. Меньшей приемистостью к ТЭС обладают ароматические и олефиновые углеводороды и содержащие их бензины каталитического риформинга и крекинга. Нафтенковые углеводороды занимают промежуточное положение. Приемистость к ТЭС для различных бензинов снижается при увеличении содержания в них сернистых соединений, особенно меркаптанов и дисульфидов.

При работе двигателя на этилированном бензине в камере сгорания образуется оксид свинца, имеющий высокую температуру плавления ( $880^\circ\text{C}$ ). Накопление оксида свинца на электродах свечей зажигания, днищах поршней и стенках камеры сгорания отрицательно влияет на работу двигателя, значительно сокращая его ресурс. Для предотвращения отложения оксида свинца в камере сгорания ТЭС применяют в виде этиловой жидкости, в состав которой входят органические соединения брома (бромэтан или дибромпропан). Эти соединения при взаимодействии в камере сгорания с оксидом свинца образуют бромид свинца, имеющий более низкую температуру плавления, который выносится из камеры сгорания вместе с отработавшими газами. В зависимости от применяемого выносителя этиловая жидкость вырабатывается двух марок: Р-9 с бромистым этилом и П-2 с дибромпропаном. Алкилсвинцовые антидетонаторы так же, как и продукты их сгорания, высоко токсичны, поэтому в настоящее время четко наметилась тенденция к отказу от их применения при производстве автомобильных бензинов. В ряде стран применение этилированных бензинов запрещено законом. Помимо высокой токсичности применение этилированных бензинов препятствует широкому использованию на автомобилях катализаторов дожигания отработавших газов, так как продукты сгорания свинца отравляют катализатор.



В качестве альтернативы алкилсвинцовым антидетонаторам для повышения детонационной стойкости автомобильных бензинов в России допущены и используются при производстве бензинов органические соединения марганца, железа, ароматические амины. Широкое распространение в России и за рубежом при производстве высокооктановых бензинов получил метил-третбутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ имеет октановые числа смешения: 115-135 по исследовательскому методу и 98-110 по моторному.

Для повышения эффективности работы нефтеперерабатывающих заводов требуется измерять октановое число бензинов непосредственно в технологическом процессе. Во время компаундирования нужно контролировать соотношение компонентов смешения (концентрации), их качественные характеристики, а также получаемый в результате смешения товарный бензин. Чем быстрее будет получен результат, характеризующий свойство полученного в результате смешения бензина, а также качество потока компонента, тем быстрее может быть внесена поправка в приготовление бензина.

Одним из методов быстрого (on-line) получения результата, характеризующего свойство бензина, является использование анализатора качества на потоке (анализатора в ближней ИК-области). Основными преимуществами анализаторов в ИК-области является быстрота получения результата, а также возможность получения с одной пробы наряду с основными показателями, характеризующими качество бензина (ОЧ) целого ряда других показателей качества [4].

Применение автоматических анализаторов качества нефтепродуктов позволяет реализовать оперативный контроль и управление технологическим процессом смешения.

Технико-экономический эффект от внедрения автоматических анализаторов качества при компаундировании обуславливается следующими факторами:

- улучшением качества товарной продукции и предотвращением выпуска некондиционного продукта;
- сокращением расходов на лабораторный аналитический контроль;
- получением информации характеризующей качество в реальном масштабе времени и возможности использования этой информации в автоматизированных системах управления.

Использование стандартных лабораторных методов применяемых в нефтепереработке позволяет получить результат ОЧ не ранее чем через 2-3 часа. В реальных условиях работы заводских лабораторий, как правило, 3 - 4 часа.

Наряду со стандартными методами определения октановых чисел в настоящее время получают широкое распространение экспресс-методы, основанные на применении спектральных методов анализа, в том числе и спектральный анализ в инфракрасной (ИК) области.

В ИК-области спектра находятся все основные гармоники колебательных спектров основных углеводородов, входящих в состав бензинов. Таким образом, ИК-спектр бензина является его уникальной характеристикой, по которой можно проводить определение таких показателей качества, как ДНП, фракционный состав, октановое число и др.

На этом принципе основаны достаточно широко применяемые в России американские приборы: октаномер ZX – 101 и анализатор топлива FOX. Однако, указанные приборы дороги и сложны в изготовлении и эксплуатации. Так, например, прибор ZX – 101 был приобретен Новокуйбышевским НПЗ за 21000 \$ США, а стоимость прибора FOX – 45000 \$ США. Кроме того, эти приборы не имеют официального статуса в России и не аттестуются службами ЦСМ, а также не могут быть использованы непосредственно в технологической трубе.

В настоящее время представляется перспективным создание оптоэлектронных поточных анализаторов нефтепродуктов [5], в частности приборов для измерения октанового числа и содержания серы, которые позволяют адаптироваться к региональным особенностям нефтей, базовых компонентов и присадок. Это достигается параллельной обработкой сигналов базового и рабочего каналов снятия информации, осуществляемой средствами волоконной оптики. При этом базовый сигнал снимается из того участка технологической трубы, в котором находится сырой, не смешанный с технологическими присадками продукт. В совокупности с оригинальными программами и средствами обработки оптического сигнала, основанными на использовании высокоразрешающих фотоприемных матриц это дает возможность достичь высокой точности измерений (0.1 о.ч.) и быстродействия, достаточного для поточного анализа.

В процессе исследований было разработано устройство идентификации, анализа и дефектоскопии разнообразных веществ, в частности моторных топлив [6].

Устройство содержит источник света с оптической системой, образцовую и рабочую ячейки облучения. Обе ячейки связаны с помощью световодов с устройством обработки оптического сигнала, которое содержит фотоприемник. Все вышеописанные блоки подведены к щелевой диафрагме, выход которой через диспергирующее устройство подсоединен к устройству обработки оптического сигнала, выполненный в виде матричного многоэлементного фотоприемника, причем между выходными торцами световодов имеется зазор, определяемый из соотношения:

$$2a < s < L - 2d, \quad (1)$$

где  $s$  - зазор между световодами,  $a$  - минимальный размер одного элемента фотоприемной матрицы,  $L$  - длина щели,  $d$  - диаметр выходных торцов световодов. При этом в качестве фотоприемника может использоваться телевизионная камера, а в качестве ячеек облучения - ячейки нарушенного полного внутреннего отражения или аэро-гидрооптические крестовины, оптические входы которых подсоединены в разрыв световодов, а аэрогидродинамические входы подсоединены к исследуемому потоку.

Применение поточных анализаторов качества нефтепродуктов позволит, оперативно влиять на технологический процесс производства нефтепродуктов, добиваться требуемых показателей при минимальных затратах. Создание отечественных приборов, удовлетворяющих требованиям международной сертификации, и оснащение ими продавцов и покупателей нефтепродуктов позволит осуществить новый подход к пониманию задач аналитического контроля качества нефтепродуктов, устранить необоснованно завышенные нормы технологического процесса производства, уменьшить затраты на компоненты, и энергоресурсы. С внедрением приборов у производителя появляется возможность предлагать заказчику товар самого различного качества с учетом типа перерабатываемой нефти и возможностей смешения компонентов, более точно прогнозировать и рассчитывать прибыль и себестоимость.

#### 18. Список использованных источников

19. 1. ГОСТ 8226-82 "Топливо моторное. Исследовательский метод определения октанового числа".
20. 2. ГОСТ 511-86 "Топливо моторное. Моторный метод определения октанового числа".
21. 3. Гуреев А.А. Азе В.С. "Автомобильные бензины. Производство и применение." Москва, 1996.
22. 4. В.В. Лебедева. Техника оптической спектроскопии, МГУ, 1986.
5. "Современные системы компаундирования моторных топлив", ЦНИИТЭНЕФТЕХИМУ, 1997.
23. 6. Н.Е. Конюхов, Б.В. Скворцов, В.Н. Астапов. Приборы и системы контроля качества углеводородных топлив. - М.: Энергоатомиздат, 2000.

### РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Гречишников В.М., Лофицкий И.В., Аглетдинов А.В.

Одной из важных проблем на этапе проектирования и выбора технологической базы для изготовления волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) является рациональный выбор допусков на погрешности отдельных структурных элементов исходя из заданного уровня энергетических